Jb. nass. Ver. Naturkde. **127** S. 81–101 19 Abb. Wiesbaden 2006

Dellen und oberflächennaher Untergrund im Rheingauer Feld südöstlich Wiesbaden

ARNO SEMMEL

Wiesbaden, Dyckerhoff-Steinbruch, Hangformung, Dellen, Kaltzeiten

Kurzfassung: Dellen differenzieren in entscheidender Weise das Relief und den oberflächennahen Untergrund unserer Hänge. Dabei wirken sich verschieden alte Entwicklungsstadien besonders markant aus. Am Beispiel einer am Südostrand des Rheingauer Feldes durch den Dyckerhoff-Steinbruch sehr gut aufgeschlossenen Abfolge von Dellen lässt sich das im Einzelnen demonstrieren. Die ältesten Dellen und mit ihnen der am stärksten differenzierte Untergrund liegen im nordwestlichen Randgebiet unmittelbar neben jüngeren, einfacher aufgebauten Formen. Im Südosten kommen nur letztere vor. Hierin äußert sich die Wanderung der Dellen in den Kaltzeiten nach Osten, ein Vorgang, der allgemein als „klimatisch bedingte periglaziale Asymmetrie" bezeichnet wird und in Mitteleuropa weit verbreitet ist.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung

Die Hänge der Mittelgebirge werden weithin durch Dellen geprägt, über die die eigentliche Hangformung ablief und abläuft. Dellen sind, wie etwa AHNERT (1996: 140) in Anlehnung an SCHMITTHENNER (1926) ausführt, talartig gestreckte, oft mehrere 100 m lange Hohlformen mit flach muldenartigem Querschnitt (ohne ständiges Gerinne), die sich nach abwärts an ein Tal oder einen Talanfang anschließen. Während sich die größeren Dellen fast ausschließlich in periglazialen Perioden des Pleistozäns entwickelten, sind kleinere Gebilde oft holozäner anthropogener Entstehung. Sie gingen vielfach durch partielle Auffüllung aus steilwandigen Kerben (Runsen) hervor, die auf oder unterhalb beackerten Geländes einrissen (u. a. BREBURDA & RICHTER 1998: 25; SEMMEL 1995: 118). Manche anthropogenen Formen sind auch primär als flache Einmuldungen durch Bodenerosion entstanden (SEMMEL 1961).

Allen Dellentypen ist gemeinsam, dass sie nicht nur entscheidenden Einfluss auf die Hangformung, sondern auch auf den oberflächennahen Untergrund haben und damit auf den land- und forstwirtschaftlichen Standort, auf die Bodenerosion, auf die Grundwasserneubildung und den Grundwasserschutz, auf die Rohstoffgewinnung und anderes mehr. Deshalb verwundert es, wie wenig Dellen und die durch sie bedingte Differenzierung der Landschaft beachtet werden, so in der Regel weder in geologischen noch in bodenkundlichen Lehrbüchern. Es sollte je-

doch unbestritten sein, dass wirkliches Verständnis für die Landschaft und ihren Haushalt die Kenntnis der Dellen und ihrer Entwicklung voraussetzt.

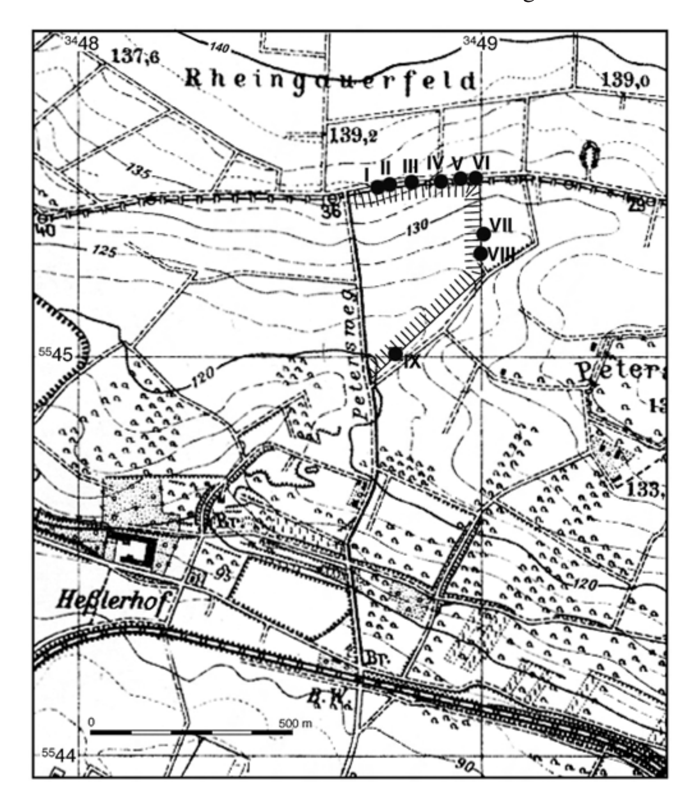


Abbildung 1: Lage der Heßler-Delle und der beschriebenen Aufschlusswände.
Um die ursprüngliche Form der Delle besser erkennen zu können, wurde als topographische Grundlage ein Ausschnitt der TK 25, Blatt 5915 Wiesbaden, Ausgabe 1943, gewählt. Die im Text erläuterten Steinbruchwände sind schraffiert dargestellt, die Zahlen I - IX geben die Lage wichtiger Profile an.

Besonders gut lässt sich der Aufbau der Dellen und damit der Hänge und des oberflächennahen Untergrunds in Lößgebieten verfolgen. Entsprechende Beispiele sind bereits bei GEILENKEUSER (1970), ROHDENBURG (1968) und SEMMEL (1968a) dargestellt worden. Eine höchst instruktive Abfolge, die allgemeingültige Züge der Entwicklung besonders gut widerspiegelt, ist durch den Kalkstein-Abbau im Steinbruch Kastel (Werksbezeichnung der Dyckerhoff Zement AG) am Südrand des Rheingauer Feldes südöstlich Wiesbaden freigelegt. Teile der heutigen Aufschlüsse wurden mit Exkursionen während der 122. Tagung des Oberrheinischen Geologischen Vereins in Darmstadt (SEMMEL 2001: 125) und der 24. Jahrestagung des Arbeitskreises Paläopedologie der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft in Hofheim am Taunus (SEMMEL 2005a) besichtigt. Derzeit schließt die Haupt-Abbauwand den Nordwesthang, den Boden und den Gegenhang einer großen Delle auf, die zwischen Wiesbaden-Erbenheim und dem Petersberg (Am

Fort Biehler) einsetzt und - möglicherweise einer tektonischen Zerrüttungszone folgend - nach Südwesten bis zum Heßler Hof hinabzieht (Abb. 1).

Die Hohlform, im Folgenden als „Heßler-Delle" bezeichnet, beginnt in einer Meereshöhe von ca. 140 m ü. NN und läuft bei ca. 90 m ü. NN mit einem Schwemmfächer von Kolluvium (BARGON 1967) südlich des Heßler Hofes auf die jungpleistozäne t6-Terrasse (Bezeichnung nach SCHEER 1989: 29; SEMMEL 1969a: 74 ff.) des Mains aus. Die gut 2 km lange Delle zeichnet sich durch eine deutliche Asymmetrie aus. Einem flachen südostexponierten lößbedeckten Hang liegt ein steilerer großenteils lößfreier Hang gegenüber, eine im periglazialen Mitteleuropa oft anzutreffende Erscheinung (POSER & MÜLLER 1951; KARRASCH 1970; GRAUL & RATHJENS 1973).

Der jetzige Aufschlussstand im Bereich der Heßler-Delle gibt den Blick auf verschiedene Entwicklungsstadien und den dadurch bedingten speziellen Aufbau des Untergrunds vor allem des Nordwesthangs frei, wie es bei vergleichbaren Formen wohl nur selten möglich ist. Im Folgenden wird versucht, diese Einschätzung zu belegen. Damit soll zugleich an einem wegen der Beendigung des Kalkstein-Abbaus wahrscheinlich für längere Zeit überprüfbaren Beispiel gezeigt werden, welche Aussagen allein auf der Basis von im Gelände ermittelten Befunden möglich sind.

Ein wesentliches Anliegen ist es außerdem, die vielfältigen und aussagekräftigen quartärgeologischen, bodenkundlichen und geomorphologischen Profile zu dokumentieren, die entlang der jetzigen Aufschlusswand zugänglich sind. Sie werden auch in Zukunft von Exkursionen besucht werden können. In diesem Zusammenhang ist der Dyckerhoff Zement AG einmal mehr für eine fast 50-jährige Begehungserlaubnis des Steinbruchs zu danken.

2 Geologische und geomorphologische Übersicht

Den tieferen Untergrund der Heßler-Delle und ihrer Umgebung bilden mergelige Kalke der Hydrobienschichten (LEPPLA & STEUER 1971; „Wiesbaden-Formation" nach REICHENBACHER & KELLER 2002). Die verkarsteten Kalke sind stellenweise von zahlreichen Dolinen überzogen, die vor allem die kalkfreien Kiese und Sande des Unteren Mosbach enthalten (Mosbach I i. S. von BRÜNING 1974: 67). Am Nordrand des Rheingauer Feldes liegen diese Sedimente und eine hangende Hochflutlehmdecke (Mosbach II bei BRÜNING ib.; bei MAUL et al. 2000: 130 zum Mosbach I gezählt, vgl. auch KELLER 1999: 75) flächendeckend über dem Kalkstein.

Im südlich anschließenden Gebiet folgen über den Kalken und den kiesigen Dolinenfüllungen diskordant die grauen kalkhaltigen kiesigen Sande des Hauptmosbach (Mosbach III i. S. von BRÜNING: ib.; Mosbach II bei MAUL et al.: ib.). Sie fehlen nur infolge postsedimentärer Abtragung im zentralen Bereich der Heßler-Delle, erreichen ansonsten Mächtigkeiten zwischen 15 und 20 m. Die grauen kalkhaltigen Mosbach III-Sande werden von bräunlichen kalkfreien Kiesen überlagert, die zwei verschieden alten Main-Terrassen angehören. Die weiteste Verbreitung hat die bei 135 bis 140 m ü. NN liegende Terrasse (t2 i. S. von SEMMEL 1968b), in der die jüngere, bei ± 120 m ü. NN liegende Terrasse (t3) eingeschnitten ist. Die Schotter dieser Terrassen sind jeweils nur wenige Meter mächtig.

Zur Altersfrage der verschiedenen Terrassen ist in jüngerer Zeit wiederholt Stellung genommen worden (zusammenfassend SEMMEL 2003: 53 ff.). Für den größten Teil des Unteren Mosbach (Mosbach I und II) kommt ein Alter von mehr als 1000 ka in Betracht, für das Hauptmosbach (Mosbach III) eines von 700 bis 600 ka. Dieser Einstufung fügen sich auch, das ist ergänzend hinzuzufügen, die im Mosbach III relativ oft zu findenden Zahnreste von *Arvicola mosbachensis* ein. MAUL et al. (2000: 133) ordnen sie einem der beiden jüngsten Cromer-Interglaziale zu, denen von verschiedenen Autoren ein Alter in der angegebenen Zeitspanne zugeschrieben wird (vgl. dazu THOME 1998: 26). Für die t2-Terrasse des Mains lässt sich lößstratigraphisch ein Alter von ca. 500 ka, für die t3-Terrasse ein Alter von ca. 400 ka ableiten (SEMMEL ib.).

Über den tertiären Kalken und den pleistozänen Terrassen liegt auf dem Nordwesthang und im Boden der Heßler-Delle eine fast geschlossene Lößdecke, in der jedoch verstreut fluviale Kiese an die Oberfläche kommen. Bei der Bohrstockkartierung zur Bodenkarte 1 : 25 000 (BARGON 1967) ist sogar manchmal kalkhaltiger Sand des Mosbach III angetroffen worden. Darin äußert sich eine variierende Mächtigkeit der Lößdecke, verursacht durch Zerdellung,

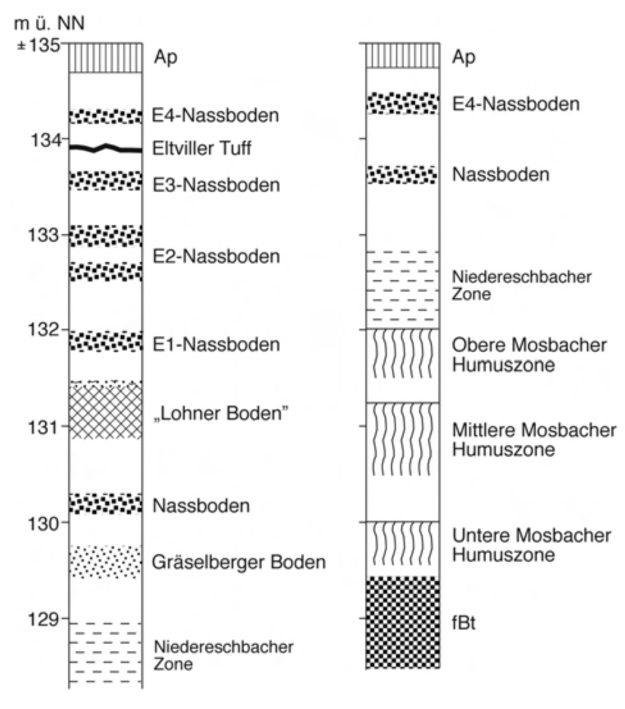


Abbildung 2: Gliederung des Lösses der letzten Kaltzeit im Steinbruch „Kalkofen" nördlich der A 66. Die Abbildung zeigt die Gliederung des Lösses an der Südwand im Jahre 2000. Ältere Lösse wie die Weilbacher Humuszonen und der aus der Heßler-Delle angeführte 1.fBt-Horizont liegen unter dem Bt-Horizont (rechte Säule), sind jedoch nicht aufgeschlossen. Der mittlere und der jüngere Löß der letzten Kaltzeit können außerdem an der Nordwand des Steinbruchs „Kalkofen" besichtigt werden.

die von Dolinenbildung beeinflusst wurde. Später sind die Vertiefungen weitgehend durch Löß, vereinzelt auch durch Kolluvium wieder aufgefüllt worden, so dass die insgesamt eindrucksvolle Ebenheit des Rheingauer Feldes entstand. Diese reicht, nur von den Tälern des Salzbachs und des Mosbachs unterbrochen, über eine Entfernung von fast 10 km vom Erbenheimer Flugplatz über die Adolfshöhe bis zum Gräselberg zwischen Wiesbaden und Wiesbaden-Schierstein.

Der Südosthang der Heßler-Delle zeigt dagegen keine geschlossene Lößdecke. Auf ihm treten die Mosbach III-Sande wiederholt zutage. Dominant sind soliflui-dale Umlagerungsprodukte. Einmal mehr zeigt sich, dass die periglaziale Asymmetrie einer Delle gravierende Veränderungen des oberflächennahen Untergrunds und der Böden hervorruft. Um das im vollen Umfang zu erkennen, ist allerdings nötig, sich Grundkenntnisse der Lößstratigraphie anzueignen, wofür die Heßler-Delle wegen ihrer vielen Diskordanzen nicht sehr gut geeignet ist. Vollständigere Profile, die die wesentlichen Leithorizonte der hessischen Lößgliederung (Schönhals et al 1964; Semmel 1969b) enthalten, sind indessen an der Süd- und Nordwand des nördlich der A 66 liegenden Steinbruchs „Kalkofen“ in unmittelbarer Nachbarschaft der Heßler-Delle zu finden (Abb. 2; außerdem Keller & Semmel 2002; Semmel 2001).

3 Die Profilabfolge an der Aufschlusswand

Wie schon betont, ist Ende des Jahres 2005 der Abbau von Kalkstein im Steinbruch Kastel zumindest bis auf weiteres eingestellt worden. Wahrscheinlich bleibt also die nachstehend beschriebene Profilabfolge längere Zeit zugänglich. Vielleicht ist es sogar möglich, besonders interessante Abschnitte der Wand von einer Abschrägung auszunehmen und die Steilwände zu erhalten. Im Folgenden werden die wichtigsten Profile von West nach Ost fortlaufend beschrieben und auf den Abbildungen wiedergegeben. Außerdem ist die Lage der Profile auf Abb. 1 markiert.

Der westlichste Eckpunkt der Abbauwand (vgl. I, Abb. 1) liegt bei 34 48 755, 55 45 436 (GPS-Position) in ca. 137 m ü. NN. Über dem grauen kalkhaltigen Sand des Mosbach III folgen hier in einer flachen Rinne graue Schluffgerölle („Frostgerölle“ i. S. von Brüning, u. a. 1974: 63). Im Hangenden der Rinnenfüllung liegt wieder Mosbach III-Sand, der feingeschichtet ist und von $CaCO_3$-Bändern durchzogen wird. Diese setzen etwa 50 cm höher unter einer weißen massiven „Kalkbank“ ein, die dem aus der Oberrheinischen Tiefebene bekannten „Rheinweiß“, einer Kalkausscheidung im oberflächennahen Grundwasser, sehr ähnlich sieht. Die „Bank“ ist knapp 50 cm mächtig (Abb. 3).

Auf der „Bank“ liegt ein rötlichbrauner (5YR4/6) toniger Lehm, der mit hangendem Lößlehm verwürgt ist. Die Mächtigkeiten dieser Substrate schwanken wegen der kryoturbaten Verwürgungen zwischen 1 und 2 m. Stellenweise sind einzelne Kiese (Buntsandstein und Lydit) zu finden. Der Lößlehm schließt nach oben mit prismatischen Resten des Btv-Horizonts einer Parabraunerde ab, deren höhere Teile vom Bagger abgeschoben wurden. Wahrscheinlich waren aber auch schon Teile des Bodens vorher durch ackerbauliche Bodenerosion entfernt. Auf



Abbildung 3: (II auf Abb. 1) Anschnitt der t2-Terrasse.
Unter dem hellen Löß (1) liegt rechts das braune Substrat (2) der t2-Terrasse des Mains. Im Mittelgrund des Bildes folgt darunter der graue Sand (3) des Mosbach III, der sich unter dem bräunlichen Versturz (4) fortsetzt. Links im Bild ist die weiße Kalkbank (5) im Hangenden der grauen Mosbach III-Sande zu erkennen.

der Bodenkarte 1 : 25 000 (Bargon 1967) sind in diesem Bereich sogar total erodierte Partien (Pararendzinen) ausgewiesen.

In diesem Profil ist nur das 1 bis 2 m mächtige braune Substrat aus der Zeit nach der Sedimentation des Mosbach III erhalten geblieben. Während der Lößlehm im Wesentlichen letztkaltzeitlichen Alters sein dürfte, scheint der rötlichbraune tonige Lehm für ein deutlich höheres Alter zu sprechen. Untersuchungen im Mittelrheingebiet folgend darf ein Alter von ca. 700 ka angenommen werden, denn auf jüngeren Rheinterrassen fehlen rötliche Böden (Semmel 1988). Jedoch muss beachtet werden, dass Carbonat-Sedimente wie die stark kalkhaltigen Mosbach III-Sande und -Schluffe bei der Entkalkung leicht rötliche Farben bekommen können („Entcarbonatisierungsrötung“ nach Meyer 1979; vgl. außerdem Füllner et al. 2005). Möglicherweise hat sich der rötliche Boden nur auf der massiven Kalkbank gebildet. Denn er fehlt ansonsten auf den Mosbach III-Sanden.

Aus der geschilderten Abfolge kann folgende Entwicklung abgeleitet werden: In den grauen Mosbach III-Sanden wurde postsedimentär bei hohem Grundwasserstand nahe der damaligen Oberfläche das „Rheinweiß“ ausgefällt. Sehr wahrscheinlich, das ist aus der Verbreitung von Kiesen der t2-Terrasse des Mains in der unmittelbaren Umgebung zu schließen, schüttete der Main zur (periglazialen) t2-Zeit auf die Kalkbank Kiese. Diese und die höchsten Teile der Mosbach III-Sedimente verwitterten in der nachfolgenden Warmzeit. Auf diesem Boden wurde

kaltzeitlicher Löß abgelagert, der in jüngeren Warmzeiten ebenfalls verlehmte und in einer nachfolgenden Kaltzeit kryoturbat mit dem älteren Boden verwürgt wurde. Danach ist wohl noch einmal Löß angeweht worden, aus dem die heutige Oberflächen-Parabraunerde hervorging. Eine solche Interpretation des Profils steht mit den Befunden über die östlich anschließende Abbauwand in Einklang.

An dieser Wand wird wenige Meter östlich von I der graue Mosbach III-Sand angeschnitten und von bräunlichen kalkhaltigen Mainkiesen überlagert (II auf Abb. 1; außerdem Abb. 3), bei denen es sich um eine etwas jüngere Variante der t2-Terrasse handelt. Bekanntlich sind auch auf dem Hang, der früher von der t2- zur t3-Terrasse herunterzog, mehrere treppenförmige, mit kalkfreien Kiesen bedeckte Absätze zu finden gewesen (Semmel 2005b: 120), die die treppenförmige Einschneidung des Mains in die kalkhaltigen Mosbach III-Sande dokumentierten. Der Kalkgehalt der oben angeführten t2-Kiese ist sekundär. Er stammt aus einer hangenden Solifluktionsdecke, die Kalkbrocken aus der „Rheinweiß-Bank" aufgenommen und mit Löß vermischt hat. Die Decke zieht in eine kleine Delle hinein. Die t2-Kiese weisen Reste eines fossilen Bodens (fBbt) auf, der sich in die liegenden Mosbach III-Sande fortsetzt (Abb. 4). Diese Bodenbildung ist also nach der Akkumulation der t2-Kiese vonstatten gegangen, jedoch bevor die Fließerde mit den Kalkbrocken entstand.



Abbildung 4: Bodenbildung auf den t2-Kiesen.
Der primär kalkfreie bräunliche t2-Kies liegt rinnenförmig in grauen, primär kalkhaltigen Mosbach III-Sanden (oberhalb des Spatens, Länge des Stiels = 50 cm). Die spätere Bodenbildung hat auch Teile der Mosbach III-Sande erfasst und braune Bänder im entkalkten Bereich hinterlassen (links vom Spaten).

In diesem Abschnitt fehlt heute die holozäne Löß-Parabraunerde. Statt ihrer ist ein stark humoses kalkhaltiges Kolluvium von 1 bis 2 m Mächtigkeit verbreitet, das Bruchstücke von Knochen und Steingut-Keramik enthält. Es füllt eine sehr flache kleine Delle aus, die wahrscheinlich durch Bodenerosion entstand. Älteres historisches und vorgeschichtliches Kolluvium ist derzeit an der Aufschlusswand nicht sicher nachgewiesen, abweichend von den weiter im Norden liegenden Dellenfüllungen, in denen Knochenreste Radiocarbon-Alter von 6 105 - 5 855 BC (Hv 24 723) aufweisen (SEMMEL 2005a: 33) und damit entgegen vorgeschichtlicher Auffassungen (STÄUBLE 1995) bereits zu dieser Zeit Ackerbau in Mitteleuropa anzeigen.

Etwa 100 m östlich von I auf Abb. 1 schneidet eine Diskordanz die Fließerde mit den Kalkbrocken und setzt sich nach Osten bis tief in die liegenden Mosbach III-Sande fort (III; Abb. 5). Die Diskordanz bildet die Basis einer asymmetrischen Delle, die basal mit umgelagertem kiesigem Sand des Mosbach III gefüllt ist. Diese Füllung wird erneut von einer gleichsinnigen Diskordanz geschnitten, über der (umgelagerter) Mosbach III-Sand liegt. Auf der jüngeren Füllung hat sich ein brauner Bodenrest (1.fBt-Horizont; Abb. 6) erhalten, der zum Dellentiefsten hin

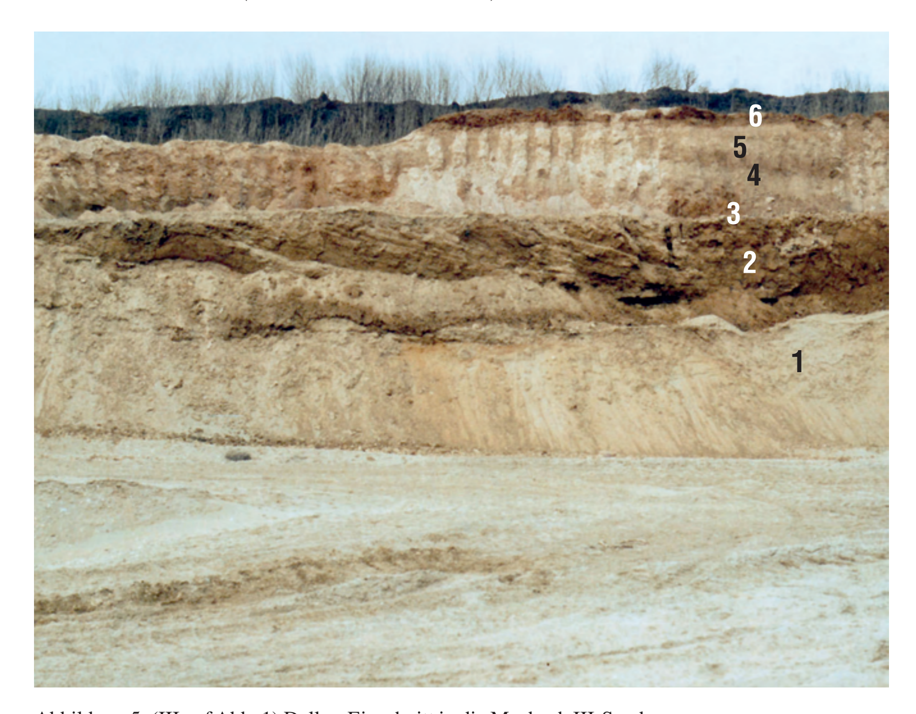


Abbildung 5: (III auf Abb. 1) Dellen-Einschnitt in die Mosbach III-Sande.
Die grauen Mosbach III-Sande (1) werden von einer Diskordanz gekappt, auf der bräunliche Sande und Lehme einer Dellenfüllung (2) liegen. Das Material der Füllung besteht großenteils aus umgelagerten Mosbach III-Sanden. Nach oben nimmt der Lößanteil zu. Darauf ist ein fossiler Bt-Horizont (3) ausgebildet. In seinem Hangenden folgen eine Humuszone (schwarzerdeartiger Boden), ein weiterer fBt-Rest und der heutige Boden (4, 5 und 6).



Abbildung 6: Ältester fBt-Horizont (1.fBt von Abb. 5) auf der Dellenfüllung.

rost- und graufleckig infolge Staunässe geworden ist. Teilweise blieb das gesamte Bodenprofil eines Pseudogleys mit Sw- und Sd-Horizont erhalten.

Über dem fossilen Boden liegt Löß, in dem eine Humuszone (schwarzerdeartiger Boden) und Reste eines weiteren fossilen Bt-Horizonts liegen (2.fBt; s. Abb. 5). Auch diese Böden sind zum Dellentiefsten hin geneigt.

Im östlichsten Teil der Delle greift der untere fossile Bt-Horizont auf die kalkhaltigen Mosbach III-Sande über (IV; Abb. 7). Dort sind taschenförmige rostfarbige Verwitterungen anzutreffen (Abb. 8), die manchmal Kryoturbationen folgen. In den entkalkten Teilen der Mosbacher Sande hat sich eine rostfarbige Bänderung gebildet (Bbt-Horizont). Insgesamt sind mithin im Dellenbereich zwei fossile Bt-Horizonte erhalten geblieben. Zählt man die Bbt-Reste auf dem eingangs erwähnten t2-Sediment hinzu, ergeben sich in diesem Teil des Aufschlusses paläopedologische Anzeichen für ein dreimaliges Vorkommen warmzeitlicher Klimaverhältnisse nach der Bildung der t2-Terrasse.

Über die paläoklimatische Problematik, die mit Bt-Horizonten verbunden ist, wurde kürzlich an anderer Stelle diskutiert (SEMMEL 2005b: 122 ff.; mit weiterer Literatur), auf eine Wiederholung wird deshalb hier verzichtet. Angemerkt sei nur, dass früher im westlichen Teil des Steinbruchs noch ein weiterer fossiler Bt-Horizont im Löß aufgeschlossen war (SEMMEL 1968b), so dass insgesamt vier „warmzeitliche" Böden über der t2-Terrasse gefunden wurden und damit deren Bildung in der fünften Kaltzeit vor heute vermutet werden kann. Eine erste deutliche Dellenbildung auf dieser Terrasse im Rheingauer Feld begann, folgt man den paläopedo-



Abbildung 7: (IV auf Abb. 1) Östliches Dellen-Ende im Mosbach III-Sand.
Der 1.fBt (1) greift im tiefsten Bereich der Delle bis auf die Mosbach III-Sande durch und verursacht deren rostige Verfärbung, die nach Osten der ehemaligen Dellenbasis folgt und rechts mit steilem Anstieg das Ende der asymmetrischen Delle markiert.



Abbildung 8: Verwitterungstaschen des 1.fBt im Mosbach III-Sand.

logischen Interpretationen der Dellenfüllung, mindestens vor ca. 300 ka. Die Delle verlief, soweit das heute noch zu erkennen ist, in Richtung Südwest und kann offensichtlich als eine Vorform der Heßler-Delle angesehen werden.

Der Osthang der beschriebenen asymmetrischen Delle steigt stark an und mit ihm die Oberfläche des grauen Mosbach III. Es trägt nach wie vor den rostfarbigen taschenförmigen Boden, der gleichalt mit dem untersten fossilen Bt-Horizont (1.fBt) in der Dellenfüllung ist. Über diesem fossilen Boden liegt etwas Löß, der viele Lößkindl enthält und den Cc-Horizont (Kalkanreicherungs-Horizont) des jüngeren fossilen Löß-Bt (2.fBt) bildet. Nach einer dünnen Lößschicht schließt ein Rest des holozänen Bt-Horizonts das Profil ab (Abb. 9).



Abbildung 9: Lößdecke über Mosbach III-Sand.
Unter dem Spatenstiel ist ein Rest der rostfarbigen Verwitterung (1.fBt) des Mosbach III-Sands erhalten. Darüber folgt ein mit Lößkindeln durchsetzter Löß, bei dem es sich um den Cc-Horizont des hangenden braunen Bodens (2.fBt) handelt, der größtenteils bereits abgetragen war, als erneut Löß aufgeweht wurde (über dem Spatenblatt). Aus diesem Löß ging der heutige braune Boden hervor.

Nach ca. 50 m taucht die Oberfläche des Mosbach III steil unter eine mächtige Lößdecke ab, eine neue Delle beginnt (V auf Abb. 1). Sie ist indessen gleichfalls mit Löß aufgefüllt, so dass an der heutigen, nur schwach nach Osten geneigten Oberfläche die Form nicht zu erkennen ist.

In dieser Delle liegt der 2.fBt-Horizont, der von verlagertem Bt-Material und einer jüngeren Humuszone („Mosbacher Humuszonen“ der beginnenden letzten Kaltzeit; SCHÖNHALS et al. 1964) überdeckt wird (Abb. 10). Unter dem fBt-Horizont folgt eine Humuszone (Abb. 11), die aus sandigem Löß besteht und unter der Mosbach III-Sande mit nur geringer Mächtigkeit den tertiären Kalkstein be-



Abbildung 10: (V auf Abb. 1) Weilbacher Humuszone über Mosbach III-Sand.
In einer jüngeren Delle liegt östlich der Profile auf Abb. 8 und 9 über dem Mosbach III-Sand (1) eine (Weilbacher) Humuszone (2). In deren Hangendem liegt der 2.fBt (3). Dieser wird von (Mosbacher) Humuszonen überlagert (4).



Abbildung 11: Weilbacher Humuszone von Abb. 10.
Die Braunfleckung im oberen Teil der Humuszone wird als Folge von Humusabbau und Verbraunung gedeutet.

decken. Wahrscheinlich handelt es sich um eine der „Weilbacher Humuszonen“, die in den Beginn der vorletzten Kaltzeit gehören (SEMMEL 1968a: 19). Dieser Einstufung liegt die Auffassung zugrunde, dass der hangende fBt-Horizont ein Produkt der letzten Warmzeit ist. Über ihm ist im gesamten östlich anschließenden Aufschluss kein weiterer fBt-Horizont, der sich als jüngerer Warmzeitboden deuten ließe, gefunden worden.

Auf einer solchen stratigraphischen Annahme fußend kann dieser Delle ein jüngeres Alter zugemessen werden als der westlich benachbarten, in der ein fBt-Horizont mehr die Deckschichten gliedert. An der heutigen Oberfläche sind beide Dellen wegen ihrer kompletten Auffüllung nicht zu erkennen.

Ähnliches gilt für die nächste nach Osten anschließende Delle. Sie liegt kurz vor dem östlichen Ende (VI auf Abb. 1) der nördlichen Aufschlusswand und enthält nur Reste des 2.fBt. Dabei handelt es sich um kleine zerrüttete Schollen, die auf den steilen Hängen der Delle abgeglitten sind (Abb. 12). Von den übrigen bisher erwähnten fossilen Böden ist in dieser Delle nichts zu finden, nur die heutige Parabraunerde ist recht gut erhalten, sieht man von Reduzierungen durch Baggerarbeiten ab.



Abbildung 12: Abgerutschter fBt-Rest auf Dellenhang.
Vom rechts über dem Spaten liegenden 2.fBt-Horizont ist eine Scholle auf dem ehemaligen Dellenhang nach links unten abgeglitten.

Die drei beschriebenen Dellen demonstrieren gut die Differenzierung der Füllungen, eine Folge des unterschiedlichen Alters und der Formungsvorgänge. Daraus ergeben sich beispielsweise verschiedene Bedingungen für die Durchlässigkeit.

Diese ist für große Teile der westlichen Delle, in der der wenig oder kaum durchlässige 1.fBt erhalten ist, „sehr gering“ (AG Boden 1994: 306), in der östlichen Delle, in der nur Reste des 2.fBt erhalten sind, „mittel“ bis „hoch“. Hier darf indessen der Hinweis auf gut wasserleitende Klüfte, Krotowinen etc. nicht fehlen und damit auf fragwürdige Interpretationen lokaler Durchlässigkeits-Messungen.

An der nunmehr nach Süden verlaufenden Aufschlusswand kann der 2.fBt meist gut verfolgt werden, zumindest blieben Reste seines Cc-Horizonts erhalten. Nur im Bereich einer flachen Delle fehlen auch diese Anzeichen einer intensiven Bodenbildung. Die Delle ist mit umgelagertem geschichteten Löß gefüllt, der von äolischem Löß mit der heutigen Parabraunerde überdeckt wird.



Abbildung 13: (VII auf Abb. 1) Aufgefüllte Delle an der Ostwand.
Der 2.fBt-Horizont ist von einer Delle zerschnitten, die anschließend mit Löß gefüllt wurde. Die Grenzen der Delle sind mit (1) markiert. Im Vordergrund liegen Dolinen, die mit Mosbach I-Kiesen gefüllt waren.

In diesem Areal sind sehr viele Dolinen zu finden, die mit Mosbach I-Kiesen gefüllt sind (Abb. 13). Das graue Mosbach III ist vollkommen abgetragen, so dass die Lößdecke entweder auf den Mosbach I-Kiesen oder auf dem tertiären Kalk liegt. In ihr sind partiell unter dem 2.fBt eine Weilbacher Humuszone und über diesem eine Mosbacher Humuszone erhalten geblieben.

Zur Zeit eines früheren Abbaustadiums waren hier Profile aufgeschlossen, die die rezente Verkarstung des Untergrunds anzeigten. Auf Abb. 14 ist die Verstellung der heutigen Parabraunerde zu sehen. Nur der jährlich erneuerte Pflughorizont (Ap-Horizont) erscheint ungestört.

Im weiteren Verlauf der Aufschlusswand nach Süden fällt die heutige Oberfläche leicht ab, während der nahezu durchgehend verfolgbare 2.fBt-Horizont etwa horizontal liegt. Schließlich läuft dieser Horizont mit dem Bt-Horizont der heutigen



Abbildung 14: Verstellungen im holozänen Boden über einer Doline.
Die Untergrenze des heutigen braunen Bt-Horizonts (1) wurde verstellt, ebenso der hangende hellere Al-Horizont (2). Nur der Pflughorizont (3) zieht ungestört durch. Das Profil wurde im stark abgetrockneten Zustand aufgenommen, weil so die Farbunterschiede zwischen den Horizonten besser hervortreten.

Oberflächen-Parabraunerde zusammen (Abb. 15). Weiter südlich ist der 2.fBt in eine Doline geflossen und fehlt nunmehr im Löß, in dem jedoch mit dem Eltviller Tuff (ca. 20 ka) ein markanter Leithorizont des jüngeren Würmlösses liegt (Abb. 16; VIII auf Abb. 1). Zwischen dem vulkanischen Bändchen und dem holozänen Bt-Horizont ist ein etwas dunklerer Horizont zu erkennen, der E4-Naßboden (SCHÖNHALS et al. 1964). In dem dichteren Substrat des Naßbodens wurde Kalk (Cc-Horizont) ausgefällt, der aus dem hangenden holozänen Boden stammt.

In einer Doline kurz vor dem südlichen Ende der Aufschlusswand ist dieser Naßboden ungestört erhalten, dagegen der Eltviller Tuff zusammen mit einer Mosbacher Humuszone verstellt. Demnach war Verkarstung auch in der hochkaltzeitlichen Phase der letzten Eiszeit zeitweise möglich, also kein Dauerfrostboden vorhanden, der ja die Verkarstung unterbindet.

Am Ende der Aufschlusswand ist in eine Doline schließlich der holozäne Boden eingesunken. Er wird von Ackerkolluvium überdeckt. Unter dem Boden ist Substrat von einer Mosbacher Humuszone eingebrochen (Abb. 17), die links daneben noch ungestört am Dolinenrand liegt.

Da hier die Tiefenlinie der Heßler-Delle erreicht wird, darf abgeleitet werden, dass sich diese offensichtlich zumindest hier fast in der gesamten letzten Kaltzeit nur noch wenige Meter nach Südosten ausdehnte. Auch die Eintiefung hat kaum



Abbildung 15: Zusammentreffen von 2.fBt und heutigem Bt.
Links ist der 2.fBt direkt unter dem heutigen Bt zu erkennen. Rechts liegt zwischen beiden Löß (Bereich des Spatens). Der 2.fBt ist hier in eine Doline eingesunken.



Abbildung 16: Eltviller Tuff.
Das dunkle Tephra-Bändchen (unteres Spatenende) taucht nach rechts in eine Doline ab. Über dem Spatenblatt beginnt der E4-Naßboden, der etwas dunkler als der Löß ist. Der Naßboden und der über ihm folgende holozäne Bt-Horizont sind nicht mehr von der Verkarstung betroffen.

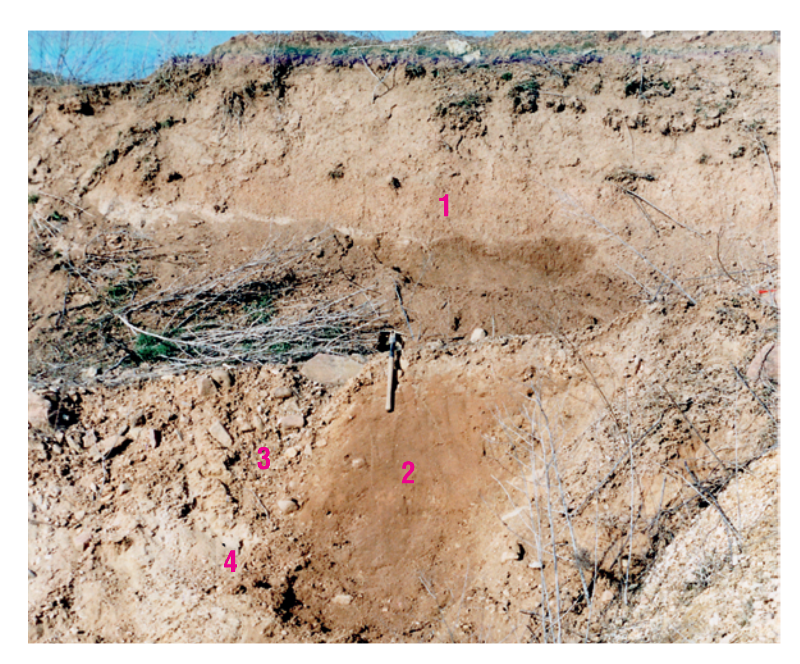


Abbildung 17: Abtauchen des heutigen Bt-Horizonts in eine Doline.
Der heutige Bt-Horizont (1) ist nach rechts zu einer Doline hin geneigt, in der bereits Humuszonen (2) eingesunken sind (unter dem Spaten), umgeben von Mosbach I-Kiesen (3) und tertiärem Kalkstein (4).

Fortschritte im Vergleich zur vorletzten Kaltzeit gemacht. Das entspricht Beobachtungen, die an vielen Dellen gemacht wurden (SEMMEL 1968a: 103 ff.). Die Eintiefung der Formen hatte in der vorletzten Kaltzeit bereits das heutige Maß erreicht. Befunde für eine Ostwanderung der Dellen in der letzten Kaltzeit gibt es dagegen häufiger, beispielsweise in der Wetterau (SEIDENSCHWANN 1980: 123) und in fränkischen Lößgebieten (RÖSNER 1990: 104 ff.; SEMMEL & STÄBLEIN 1971).

Dass insgesamt in der Heßler-Delle auch während der letzten Kaltzeit dennoch kräftig abgetragen wurde, ist aus dem Fehlen vieler Leithorizonte des mittleren und jüngeren letztkaltzeitlichen Lösses abzuleiten. Ähnliches wurde schon früher für das westliche Steinbruchsgebiet festgestellt (SEMMEL 1968a: 118).

Die starke Abtragung nahe der heutigen Tiefenlinie der Heßler-Delle bringt heute große Vorteile für die Gewinnung des Kalksteins mit sich, reduzieren sich doch dadurch die Abräumkosten für die Deckschichten erheblich.

Vom südlichen Ende der östlichen Aufschlusswand bleibt entlang der nun nach Südwesten verlaufenden Steinbruchgrenze immer der tertiäre Kalkstein aufgeschlossen, auf dem manchmal eine Streu von Mainkiesen liegt, darüber etwas Löß mit der holozänen Parabraunerde und Ackerkolluvium. Bei den Kiesen handelt es sich wahrscheinlich um Mosbach I-Material, das aus den Dolinen stammt. Nicht selten sind indessen Profile, in denen die Kiese und auch der Löß fehlen. Letzterer wurde total von der holozänen Bodenbildung erfasst, so dass deren

Btv-Horizont direkt über dem angewitterten Kalkstein (Abb. 18) beginnt. Das Kolluvium über dem Boden ist oft nur ca. 30 cm mächtig. Am Südwestende der Aufschlusswand (IX auf Abb. 1) erreicht es indes einige Meter (Abb. 19).

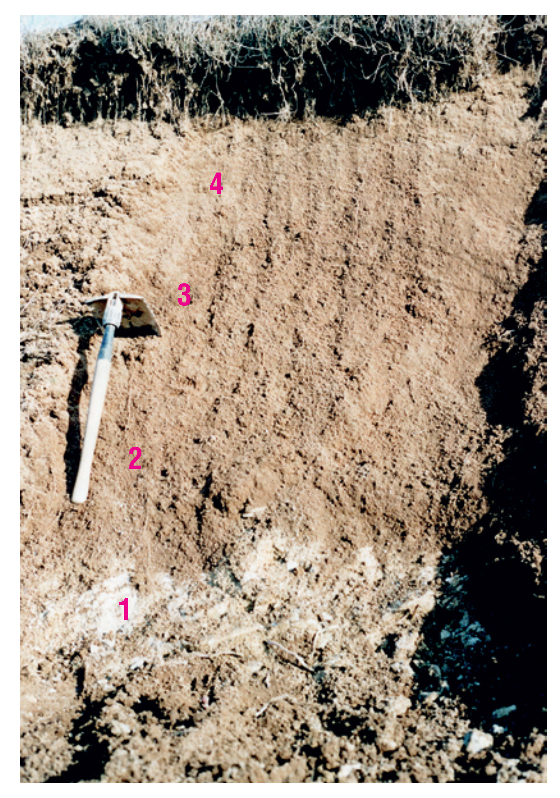


Abbildung 18: Kolluvial bedeckte Parabraunerde aus Löß über Kalkstein.
An der Südostwand des Steinbruchs liegt über dem Kalkstein (1) eine Parabraunerde aus Löß. Letzterer ist total verlehmt. Im frisch freigelegten Profil ist kein farblicher Unterschied zwischen Bt- und Al-Horizont (2 und 3) zu erkennen. Der Spaten wurde an der Grenze zwischen beiden Horizonten eingeschlagen. Über dem Al-Horizont liegt (helleres) Kolluvium (4).



Abbildung 19: Mächtigeres holozänes Kolluvium am Südwestende (IX auf Abb. 1) der südöstlichen Aufschlusswand.
Über dem Kalkstein (1) folgt zunächst eine Parabraunerde aus Löß (2). Diese wird von einige Meter mächtigem Ackerkolluvium (3) überdeckt.

4 Schlussbetrachtung

Aus dem jetzigen Aufschlussbild lässt sich lößstratigraphisch zwanglos ableiten, dass die Entwicklung der Heßler-Delle vor mindestens zwei pleistozänen Warmzeiten begonnnen hat. Eine markant asymmetrisch ausgebildete Delle wurde zu dieser Zeit in die mittelpleistozäne t2-Terrasse des Mains und in die liegenden Mosbach III-Sande eingetieft. Ihr folgten in Richtung der heutigen Tiefenlinie der Heßler-Delle mehrere kleinere Dellen, deren Hauptbildungszeit in die vorletzte Kaltzeit gehört. Zu dieser Zeit waren die Dellen bereits bis nahe an den tertiären Kalkstein eingetieft und große Teile des Mosbach III-Sandes ausgeräumt.

Nahe der heutigen Tiefenlinie der Heßler-Delle fehlt der als letztwarmzeitlich gedeutete fossile Bt-Horizont und mit ihm Löß der vorletzten Kaltzeit. Hier kommen in den zahlreichen Dolinen nur Leithorizonte des Lösses der letzten Kaltzeit vor. Dellen und Dolinen sind vollständig mit dem jungen Löß aufgefüllt und als Hohlformen an der Oberfläche nicht mehr zu erkennen. In der Tiefenlinie selbst ist allerdings der heutige mit Ackerkolluvium bedeckte Boden in eine Doline eingesunken.

Wie auch in benachbarten Gebieten zeigt sich, dass die Heßler-Delle zum größten Teil ihre heutige Größe und Tiefe bereits am Ende der vorletzten Kaltzeit erreicht hatte. Der in der letzten Kaltzeit angewehte Löß ist überwiegend, das gilt

vor allem für den mittleren Zeitabschnitt, in dieser Kaltzeit bereits wieder ausgeräumt worden. Die phasenhaft abgelaufene Ausräumung äußert sich in vielen Diskordanzen.

Der aufgeschlossene Bereich der Heßler-Delle ermöglicht einen instruktiven Einblick in die Entwicklung von Dellen, in die Differenzierung des oberflächennahen Untergrunds und ist damit auch für angewandte geowissenschaftliche Fragen von Bedeutung. Die Profile sollten möglichst lange für weitere Studien und Lehrveranstaltungen zugänglich bleiben.

5 Literatur

AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung, 4. Aufl., 392 S.; Hannover (AG Boden).

AHNERT, F. (1996): Einführung in die Geomorphologie, 440 S.; Stuttgart (Ulmer).

BARGON, E. (1967): Bodenkarte von Hessen 1 : 25 000, Blatt 5915 Wiesbaden; Wiesbaden.

BREBURDA, J. & RICHTER, G. (1998): Kurze Geschichte der Bodenerosion und ihrer Erforschung in Mitteleuropa.- In: RICHTER, G. (Hrsg.): Bodenerosion: 21-29; Darmstadt (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).

BRÜNING, H. (1974): Neuere Untersuchungen an wichtigen Quartärprofilen im Rhein-Main-Gebiet.- Rhein-main. Forschungen, 78: 57-81; Frankfurt a. M.

FÜLLNER, K., SKOWRONEK, A. & GÜNSTER, N. (2005): Zur Rubefizierung jungquartärer Böden und Bodensedimente auf den Balearen.- Mitt. dt. bodenkdl. Ges., 107: 317-318; Oldenburg.

GEILENKEUSER, H. (1970): Beiträge zur Morphogenese der Lößtäler im Kaiserstuhl.- Freiburger geogr. Hefte, 9: 111 S.; Freiburg.

GRAUL, H. & RATHJENS, C. (1973): Geomorphologie, 10. Aufl., 256 S.; Stuttgart (Borntraeger).

KARRASCH, H. (1970): Das Phänomen der klimabedingten Reliefasymmetrie in Mitteleuropa.- Göttinger geogr. Abh., 56: 300 S.; Göttingen.

KELLER, T. (1999): Halt 1: Wiesbaden, Mosbachsande.- In: DERSCH-HANSMANNN, M., EHRENBERG, K.-H., HEGGEMANN, H., HOTTENROTT, M., KAUFMANN, E., KELLER, T., KÖNIGSHOF, P., KÖTT, A., NESBOR, H.-D., THEUERJAHR, A.-K. & VORDERBRÜGGE, T.: Geotope in Hessen, Schriftenreihe dt. geol. Ges., 8: 75-76; Hannover.

KELLER, T. & SEMMEL, A. (2002): Eine paläolithische Fundstelle im Dyckerhoff-Steinbruch bei Wiesbaden-Ost.- Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 237: 345-349; Frankfurt a. M.

LEPPLA, A. & STEUER, A. (1971): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Hessen 1 : 25 000, Blatt 5915 Wiesbaden, 3. Aufl., 52 S.; Wiesbaden.

MAULL, L. C., REKOVETS, L., HEINRICH, W.-D., KELLER, T. & STORCH, G. (2000): *Arvicola mosbachensis* (Schmidtgen 1911) of Mosbach 2: a basic sample for the early evolution of the genus and a reference for further biostratigraphycal studies.- Senckenbergiana lethaea, 80: 129-147; Frankfurt a. M.

MEYER, B. (1979): Die Entcarbonatisierungsrötung als bodengenetischer Teilprozeß.- Mitt. dt. bodenkdl. Ges., 29: 705-708; Göttingen.

POSER, H. & MÜLLER, T. (1951): Studien an den asymmetrischen Tälern des Niederbayerischen Hügellandes.- Nachr. Ak. Wiss. Göttingen, math.-physikal. Kl., Jg. 1951: 1-32; Göttingen.

REICHENBACHER, B. & KELLER, T. (2002): Neudefinition von stratigraphischen Einheiten im Tertiär des Mainzer und Hanauer Beckens (Deutschland, Oligozän - Miozän), Teil 2: Wiesbaden-Formation.- Mainzer geowiss. Mitt., 31: 99-122; Mainz.

RÖSNER, U. (1990): Die Mainfränkische Lößprovinz.- Erlanger geogr. Arb., 51: 306 S; Erlangen.

ROHDENBURG, H. (1968): Jungpleistozäne Hangformung in Mitteleuropa.- Göttinger bodenkdl. Ber., 6: 3-167; Göttingen.

SCHEER, H.-D. (1989): t6-Terrasse des Mains.- Erl. geol. Kte. Rheinland-Pfalz 1 : 25 000, Bl. 6015 Mainz, 28-30; Mainz.

SCHMITTHENNER, H. (1926): Die Entstehung der Dellen und ihre morphologische Bedeutung.- Z. Geomorph., 1: 3-28; Leipzig.

SCHÖNHALS, E., ROHDENBURG, H. & SEMMEL, A. (1964): Ergebnisse neuerer Untersuchungen zur Würmlößgliederung in Hessen.- Eiszeitalter und Gegenwart, 15: 199-206; Öhringen.

SEIDENSCHWANN, G. (1980): Zur pleistozänen Entwicklung des Main-Kinzig-Kahl-Gebietes.- Rhein-main. Forsch., 91: 197 S.; Frankfurt a. M.
SEMMEL, A. (1961): Beobachtungen zur Genese von Dellen und Kerbtälchen im Löß.- Rhein-main. Forsch., 50: 135-140; Frankfurt a. M.
SEMMEL, A. (1968a): Studien über den Verlauf jungpleistozäner Formung in Hessen.- Frankfurter geogr. Hefte, 45: 133 S.; Frankfurt a. M.
SEMMEL, A. (1968b): Die Lößdecke im Dyckerhoff-Steinbruch bei Wiesbaden-Biebrich.- Mainzer naturwiss. Archiv, 6: 360-368; Mainz.
SEMMEL, A. (1969a): Quartär.- Erl. geol. Kte. Hessen 1 : 25 000, Bl. 5916 Hochheim a. M., 51-99; Wiesbaden.
SEMMEL, A. (1969b): Bemerkungen zur Würmlößgliederung im Rhein-Main-Gebiet.- Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., 97: 395-399; Wiesbaden.
SEMMEL, A. (1988): Rötliche Böden auf altpleistozänen Rhein-Terrassen. - Ber. dt. Landeskde., 62: 357-369; Trier.
SEMMEL, A. (1995): Development of gullies under forest cover in the Taunus and Crystalline Odenwald Mountains.- Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd. 100: 115-127; Berlin/Stuttgart.
SEMMEL, A. (2001): Das Quartär am Nordrand des Oberrheingrabens.- Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. N. F., 83: 113-130; Stuttgart.
SEMMEL, A. (2003): Dolinenfüllungen im Mainzer Becken.- Geol. Jb. Hessen, 130: 49-60; Wiesbaden.
SEMMEL, A. (2005a): Vom oligozänen Laterit zur altholozänen Schwarzerde - Paläoböden an Rhein und Main.- 51 S.; Hofheim am Taunus (Selbstverlag).
SEMMEL, A. (2005b): Probleme der Abgrenzung und Datierung pleistozäner Terrassen - erörtert an Beispielen aus dem Untermaingebiet.- Geol. Jb. Hessen, 132: 113-129; Wiesbaden.
SEMMEL, A. & STÄBLEIN, G. (1971): Zur Entwicklung quartärer Hohlformen in Franken.- Eiszeitalter und Gegenwart, 22: 23-34; Öhringen.
STÄUBLE, H. (1995): Archäologischer Kommentar zu ^{14}C-Daten von altholozänen Böden im Rhein-Main-Gebiet.- Archäol. Korrespondenzbl., 25: 165-168; Mainz.
THOME, K.N. (1997): Einführung in das Quartär, 288 S.; Berlin (Springer).

Prof. Dr. ARNO SEMMEL
Theodor-Körner-Str. 6
D-65719 Hofheim
Telefon: 06192/5376

Manuskripteingang: 20. Juni 2006